

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.12578>

Resultado de investigación

ACIDENTE NUCLEAR DE GOIÂNIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

GOIÂNIA'S NUCLEAR ACCIDENT IN PHYSICS TEXTBOOKS

ACCIDENTE NUCLEAR DE GOIÂNIA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA

Cleci Teresinha Werner da Rosa^{*}, Júpiter Cirílio da Roza da Silva^{}, Luiz Marcelo Darroz^{***}**

Cómo citar este artículo: Rosa, C. T. W, Roza da Silva, J. C. y Darroz, L. M. (2019). Accidente nuclear de Goiânia nos libros didáticos de física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 14(1), 51-62. DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.12578>

Resumo

O presente estudo parte da identificação da necessidade de introduzir tópicos de Física Nuclear no ensino médio, bem como de inserir uma abordagem didática voltada às discussões envolvendo Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Tais aspectos, que são consubstanciados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), definem o objetivo da investigação, que se ocupa de analisar a forma como o acidente nuclear de Goiânia, sucedido em 1987, e que, portanto, completa 30 anos em 2017, é abordado nos livros didáticos de Física recomendados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015. Para tanto, discute-se a forma como o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea tem sido agregado ao ensino médio. Essa reflexão, somada à discussão sobre a importância de debater os acidentes nucleares no contexto escolar é pautada pelo relato sobre o episódio ocorrido em Goiânia, considerado o maior acidente nuclear da história brasileira. Como resultados, o estudo acena para a presença tímida deste acidente nos livros didáticos analisados, bem como para a necessidade de abordar questões como essa no contexto escolar como forma de contribuir para a alfabetização científica dos jovens.

Palavras chaves: física nuclear, acidente nuclear de Goiânia, livro didático de física.

Recibido: 13 de octubre de 2017; aprobado: 19 de mayo de 2018

* Doutora em Educação Científica e Tecnológica. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação na Universidade de Passo Fundo (Brasil). Correio eletrônico: cwerner@upf.br – ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9933-8834>

** Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Brasil). Correio eletrônico: 135313@upf.br – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3925-9250>

*** Doutor em Educação em Ciências. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Brasil). Correio eletrônico: darroz@upf.br – ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0884-9554>

Abstract

This work starts by identifying the need to introduce contents of Nuclear Physics in high school, as well as inserting a didactic approach toward the discussions involving Science-Technology-Society (STS). Such aspects, which are consubstantiated by Brazil's National Curriculum Parameters (NCP), define the objective of the investigation as to analyze how the nuclear accident in the state of Goiânia, which occurred in 1987 and therefore completed 30 years in 2017, is addressed in Physics textbooks recommended by Brazil's National Textbook Program 2015. Therefore, it is discussed how the content of Modern and Contemporary Physics has been addressed in high school. This reflection, aided by the discussion on the importance of debating nuclear accidents in the school environment, is fomented by the report on the event occurred in Goiânia, which was considered the largest nuclear accident in Brazilian history. As a result, the study points out to the small presence of this accident in the textbooks analyzed, as well as to the need for addressing such questions in the school environment as a way to contribute to the scientific literacy of young people.

Keywords: Nuclear Physics, Goiânia's nuclear accident, physics textbook.

Resumen

El presente estudio busca identificar la necesidad de introducir tópicos de física nuclear en educación media así como de incluir una perspectiva didáctica que involucre las discusiones relacionadas con ciencia-tecnología-sociedad (CTS). Estos aspectos, que son considerados por los parámetros curriculares nacionales (PCN), definen el objetivo de la investigación, que se ocupa de analizar la manera como el accidente nuclear de Goiânia, ocurrido en 1987, y que, por tanto, completó 30 años en 2017, es abordado en los libros de texto de física recomendados por el Plan Nacional del Libro Didáctico (PNLD) 2015. Para esto, discutimos la forma como el contenido de la física moderna y contemporánea se ha insertado en la educación media. Esa reflexión, sumada a la discusión sobre la importancia de debatir los accidentes nucleares en el contexto escolar es pautada por el relato sobre el episodio ocurrido en Goiânia, considerando que es el mayor accidente nuclear de la historia brasileña. Como resultados, el estudio indica una presencia tímida de este accidente en los libros de texto analizados, así como se evidencia la necesidad de tratar tales cuestiones en el contexto escolar con el fin de contribuir a la alfabetización científica de los jóvenes.

Palabras clave: física nuclear, accidente nuclear de Goiânia, libro de texto de física.



Introdução

A defesa pela presença de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), da qual a Física Nuclear pode ser inserida, no ensino médio brasileiro é compartilhada por diferentes segmentos – pesquisadores, alunos, professores e a própria legislação nacional – e vem sendo debatida pela comunidade científica da área desde o início dos anos 1990 (Terrazzan, 1992). Entretanto, essa inserção ainda está longe de ser concretizada, especialmente na escola pública (Rezende Junior; Cruz, 2005; Brockington; Pietrocola, 2005).

Dois aspectos têm acirrado a discussão sobre a presença desses conteúdos no ensino médio: o recorte nos próprios conteúdos e os aspectos metodológicos para abordá-los. No que diz respeito aos conteúdos e tomando como referência um dos instrumentos mais frequentemente utilizados na elaboração e execução de suas aulas – o livro didático (Souza; Germano, 2009) –, percebe-se a falta de consenso entre os autores sobre os conteúdos que devem estar presentes na abordagem da FMC. Nesse contexto, os estudos de Biazus (2014), Giacomelli (2015) e Darroz, Rosa, Silva (2017) respectivamente, nos campos de Física Quântica, Relatividade e Física Nuclear, evidenciam que as obras didáticas indicadas no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 apresentam divergências quanto a esses conteúdos, apontando a pertinência de realizar discussões e reflexões sobre quais tópicos de FMC devem ser incluídos nos currículos escolares.

Tais estudos, especificamente os dois primeiros, denotam que, por se tratar de algo recente, a inserção desses conteúdos nas obras didáticas e, conseqüentemente, nos currículos escolares ainda não está consolidada em termos do processo de “transposição didática”, na perspectiva enunciada por Chevallard (1991). Em outras palavras, Biazus (2014) e Giacomelli os apontam que os conteúdos de FMC, diferentemente dos que compõem a Física Clássica, ainda se encontram em fase de estudos, em busca da melhor forma de efetivar a transposição do que Chevallard (1991) denominada de “saber sábio”

para o “saber a ser ensinado”, e deste para o “saber ensinado”. Assim, cada obra busca trazer novos recortes e enfoques, de acordo com o entendimento que seus autores defendem acerca do que é mais significativo para os estudantes do ensino médio, considerando aspectos cognitivos, metodológicos e de legislação que permeiam esse processo. Ao concluir seus estudos, Biazus (2014) e Giacomelli (2015) mencionam que a inserção da FMC nas obras didáticas e no contexto escolar demandará, ainda, muitas discussões e reflexões acadêmicas até que possa ser consolidada.

Apesar da importância dos dados, os estudos mencionados se restringem à análise dos conteúdos apresentados e não realizam uma avaliação sobre aspectos metodológicos envolvidos na sua abordagem. Frente a isso, a presente investigação define como objetivo analisar a forma como o acidente nuclear de Goiânia, sucedido em 1987, e que, portanto, completa 30 anos em 2017, é abordado nos livros didáticos de Física recomendados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015.

Contemplar conteúdos de Física Nuclear e discutir questões como os acidentes nucleares, revelam-se importante em um processo pautado pela alfabetização científica, uma vez induz os sujeitos a tomar decisões que possam ser benéficas a si e a sociedade. Nessa perspectiva, os PCNs indicam que a educação exerce um papel importante enquanto formadora dos jovens e que estão imersos na sociedade contemporânea, determinando o modo como esta é modificada e vivenciada.

A sociedade brasileira demanda uma educação de qualidade, que garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem e na qual esperam ver atendidas suas necessidades individuais, sociais, políticas e econômicas. (Brasil, 1998 p. 21)

A presença da Física Nuclear no dia a dia dos estudantes impõe à escola a necessidade de dialogar

com esses sujeitos, discutindo questões como os benefícios, perigos e impactos sociais relacionados à sua utilização. É a partir dessa identificação, especialmente dos impactos sociais, que o presente trabalho se ocupa de analisar o modo como os autores abordam a temática dos acidentes nucleares nos livros didáticos de Física. De forma mais específica, estabelece como recorte o acidente por material radioativo ocorrido no Brasil em 1987. Considerado o maior da história brasileira, esse acidente teve origem na falta de conhecimento da população e, portanto, precisa ser debatido e discutido no contexto escolar.

Para realizar essa análise nos livros didáticos, procede-se a uma pesquisa qualitativa e bibliográfica, tomando-se como referência as obras de Física indicadas no PNLD 2015 (BRASIL, 2014). As discussões resultantes dessa análise são apresentadas neste texto, que inicialmente se ocupa de apresentar pesquisas que evidenciam a importância de abordar FMC no ensino médio, bem como a importância de abordá-lo sob a perspectiva didática de favorecer a alfabetização científica.

1. Reflexões iniciais

A inserção da FMC nos currículos do ensino médio tem sido tema debatido nas pesquisas nacionais a mais de trinta anos. Um dos primeiros estudos realizados na defesa da abordagem desses tópicos foi o realizado por Zanetic (1989) ao mostrar que sua inserção está ligada ao reconhecimento da Física como construção humana. Terrazzan (1992), por sua vez, evidenciou que trabalhar com os conteúdos de FMC na educação básica significa ser condizente com o momento atual, pois a construção da sociedade está alicerçada nos conhecimentos produzidos pelos estudos que a compõem. Ostermann, Moreira (2000) revelaram que ao mesmo tempo que abordar os tópicos de FMC pareça ser uma tendência no ensino de Física, há necessidade de mais evidências sobre sua pertinência nesse nível de escolaridade.

Na continuidade desses estudos, considerados os clássicos na temática, outros vem apontando

possibilidades e defendendo seu ensino (Ofugi, 2001; Siqueira, 2012; Barrelo Junior, 2015). Tais posicionamentos mostram que para os estudantes poderem participar ativamente, de forma racional e interativa, no contexto em que estão inseridos, precisam compreender satisfatoriamente os assuntos contemporâneos. Concepção anunciada por Gil, Senent, Solbes (1987 p. 210), ao salientarem que a abordagem de assuntos atuais no contexto escolar contribui para moldar uma nova imagem da ciência e do trabalho científico.

Ainda na década de 1990, Stannard realizou uma investigação com alunos universitários relativo sobre o que consideraram importante estudar durante o ensino médio na disciplina de Física. Os resultados do estudo apontam que a Relatividade Geral e Restrita, Física de Partículas, Teoria Quântica, Física Nuclear e Astrofísica foram os tópicos apontados como os mais atraentes dentre os que haviam sido estudados, bem como os que revelaram maior conexão com o contexto no qual esses sujeitos estavam inseridos. Assim, além da atualização curricular, o autor ressalta a necessidade de produzir textos e livros didáticos com abordagens inovadoras sobre a FMC (Stannard, 1990).

Dentre os assuntos evidenciados pelo autor, e também mencionados por Eijkelhof, Kortland, Loo (1984), estão os tópicos relativos à Física Nuclear. Segundo esses autores, o objetivo é fornecer aos estudantes conhecimento sobre a temática e, dessa forma, proporcionar-lhes o desenvolvimento do senso crítico, permitindo posicionamentos diante de debates sobre questões sociais pertinentes à área.

Nessa busca por aproximar os conteúdos das questões sociais, a abordagem CTS tem servido de referência para discussões em grande parte das pesquisas nacionais (Santos, Mortimer, 2000). De acordo com Teixeira (2003 p. 183), a abordagem CTS, que tem como uma de suas características básicas a utilização de problemas sociais como ponto de partida para tratar os conteúdos, segue uma orientação que pode ser assim sintetizada:

De início, uma problemática extraída da sociedade é introduzida; em seguida, uma tecnologia

relacionada ao tema é apresentada e analisada, e o conteúdo (conceitos e habilidades científicas) é definido em função do tema e da tecnologia relacionada. Posteriormente, a tecnologia é retomada novamente, para análise, agora com o suporte do conteúdo que foi estudado e, finalmente, a questão social é re-discutida, se possível, permitindo a tomada de decisão sobre o assunto.

Dessa forma, procura-se pautar o ensino de Ciências de uma maneira diferente, afastada dos modelos arcaicos e voltada a uma educação científica com a aproximação de problemas sociais. Visto que a presença de temas envolvendo aspectos relacionados a ciência e a tecnologia influenciam diretamente o seu desenvolvimento e que os modelos tradicionais de ensino não acompanham essa evolução, a educação científica e tecnológica se torna uma questão crucial para a participação dos sujeitos imersos na sociedade atual.

Sobre a abordagem CTS, Auler (2002) destaca que não existe um discurso consensual ou uma compreensão unânime a seu respeito. De acordo com o autor, a partir de eventos, fatos, acontecimentos e problemas sociais, colocados como fator motivacional para o ensino de Ciências, busca-se fomentar o debate e o interesse dos alunos pela Física e por suas aplicações no campo tecnológico. O foco é aproximar eventos e acontecimentos com alguma relevância social sob um olhar científico e apresentar implicações sociais e éticas vinculadas a ciência e tecnologia.

O uso do elo Ciência-Tecnologia-Sociedade tem, dentre outros objetivos, a tentativa da alfabetização científica. Sendo assim, o que se pretende, por meio dessa abordagem, é formar sujeitos que sejam alfabetizados cientificamente e capazes de tomar de forma consciente e responsável decisões sobre os eventos presentes na contemporaneidade. Tomando-se a concepção de alfabetização de Paulo Freire, pode-se dizer esse processo de alfabetização deve ser levar os alunos a aprender não apenas “a decodificar palavras e símbolos nem decorar fórmulas e conceitos científicos, mas sim aprender a

fazer uma leitura crítica e significativa do mundo do qual faz parte” (Santos, 2016 pp. 46-47). Nesse aspecto a leitura crítica de mundo, a compreensão da vida cotidiana e contemporânea é que dá sentido a alfabetização científica. Portanto, ela deve ser compreendida como um meio de construir um significado prático sobre a Ciência. Onde o sujeito necessita saber não apenas o que ela é, mas também compreender como pode fazer uso no mundo.

Sobre a importância da alfabetização científica e corroborando o mencionado, Chassot (2003) enfatiza que ela representa um conjunto de conhecimentos que deve não apenas facilitar aos sujeitos a leitura do mundo onde vivem, mas uma leitura capaz de identificar “as necessidades de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor” (p. 94). Continua o autor destacando que aquele que não é capaz de realizar essa leitura de mundo é considerado um analfabeto científico. Alternativamente, o que o que aprende a fazer essa leitura é capaz de posicionar-se diante a sociedade, de ler o mundo que o cerca.

Fourez (1997), por sua vez, ao inferir a alfabetização científica o que desde a perspectiva da alfabetização científica e técnica, mostrando que o conhecimento é em um conjunto de saberes globalizados, os quais permitem a crianças, jovens e adultos compreenderem o universo e reconhecerem-se no mesmo. Neste sentido, o autor dá realce a alfabetização científica como relacionada ao domínio da tecnologia (técnica), pois é ela que permite pensar e aprimorar o conhecimento.

Por fim, temos a compressão de Lorenzetti (2000) ao colocar que para termos uma sociedade democrática faz-se necessário ter indivíduos cientificamente informados em Ciências, pois a alfabetização científica torna os alunos seres capazes de resolver situações problemas presentes no cotidiano, além de favorecer a tomar decisões mais adequadas para transformar e melhorar a qualidade de vida, bem como, seus hábitos, pensando em preservar a sua saúde.

E foi a partir desse entendimento sobre a importância de favorecer a alfabetização científica, especialmente como aspecto que contribui para a

tomada de decisão dos indivíduos em relação aos eventos sociais, mas também em relação a si próprio, que o presente estudo se ocupa de analisar a forma como o livro didático discorre sobre os acidentes nucleares, especialmente o de Goiânia.

2. Acidente nuclear de Goiânia

O presente estudo toma como objeto de discussão um caso específico – o acidente nuclear de Goiânia – e analisa a sua presença nos livros didáticos. Diante desse recorte, faz-se necessário entender esse acidente e a forma como ele ocorreu.

No ano de 1987, em Goiânia, houve uma contaminação de civis por material radioativo. O episódio ficou conhecido como o “Acidente Radiológico de Goiânia”. Dentro da Escala Internacional de Acidentes Nucleares, regulada em 7 níveis, que se diferenciam em termos de gravidade, o evento é considerado de nível 5. Como forma de comparação, registra-se que o acidente ocorrido em Chernobyl é considerado de nível 7 e em Fukushima, de nível 6. Logo, o tema deste estudo corresponde ao maior acidente radioativo vivenciado no Brasil e fora de usinas nucleares até então, e, embora já complete 30 anos em 2017, seus efeitos ainda são sentidos tanto direta quanto indiretamente.

O Instituto Goiano de Radioterapia (IGR), fundado em 1971, possuía duas máquinas de radioterapia, uma contendo cobalto-60 e a outra, célio-137. No ano de 1985, devido a problemas contratuais, o Instituto passou por uma mudança de endereço, e a máquina de radioterapia que continha o célio foi abandonada na antiga sede, a qual foi parcialmente demolida. O que restou ficou em ruínas, e a máquina permaneceu abandonada e desativada por dois anos. Ao longo desse tempo, nenhum órgão responsável ficou ciente da situação. Diante do desconhecimento do que poderiam encontrar nesse local, catadores de sucatas invadiram os escombros do antigo Instituto, em busca de objetos que pudessem vender, e tiveram acesso à máquina abandonada e, conseqüentemente, à cápsula onde se encontrava o cloreto de célio-137.

A cápsula foi retirada da máquina de radioterapia e vendida a um ferro-velho, onde foi aberta e o material radioativo pôde ser finalmente descoberto. Havia originalmente na máquina em torno de 93 gramas de célio, mas apenas cerca de 19 gramas do material foi exposto e manipulado entre os donos do ferro-velho, familiares e amigos. A luminescência do célio na ausência de luz e sua semelhança com o sal de cozinha foram as principais razões que levaram as pessoas a manipularem o material. Esse fato resultou na morte de quatro pessoas e na contaminação de aproximadamente duzentas. Além disso, estima-se que dezenas tenham morrido posteriormente, devido a complicações da contaminação, mas não há estatísticas que revelem o número exato de vítimas. A contaminação ocorreu ao longo de duas semanas, e somente após esse período, já com sintomas como náusea, diarreia e vômito, as vítimas procuraram ajuda médica.

O impacto desse acidente na sociedade local foi imenso, tanto que, passados todos esses anos, os reflexos ainda podem ser sentidos. O incidente gerou toneladas de lixo radioativo, problemas de saúde na população e afetou o setor comercial e imobiliário da região, trazendo, inclusive, dificuldades econômicas. Muitos sofrem com doenças como gastrite, hipertensão e depressão, e grande parte dessas vítimas não tem acesso a tratamentos. Outra consequência desastrosa foi o preconceito criado com relação aos moradores da cidade, devido ao medo de contaminação, e esse estigma já se estende para a segunda geração das famílias vítimas do acidente.

Buscando amenizar o impacto relatado, foi criada a Associação de Vítimas do Célio-137 (AVCélio), por meio da qual as vítimas recebem uma pensão vitalícia e obtêm os medicamentos para uso contínuo. Atualmente, a Associação conta com cerca 1.200 membros, e até o ano de 2012 cerca de cem pessoas haviam falecido devido à contaminação.

3. Pesquisa: resultados e discussão

A pesquisa realizada envolve um estudo de natureza qualitativa e bibliográfica. Em termos de pesquisa

qualitativa considera-se o mencionado por Minayo (2001) de que esse tipo de pesquisa analisa mais do que os números apresentados, voltando-se a compreensão do significado desses resultados e da forma como eles foram produzidos. Para tanto, ela utiliza um universo de significados, aspirações, valores, atitudes, que correspondem a uma maior profundidade das relações, não podendo, portanto, reduzir-se a meras variáveis numéricas. Dessa forma, mais do que identificar o número de ocorrência, o importante no caso deste estudo é apresentar a forma como os acidentes nucleares estão presentes nas obras.

Além desse caráter qualitativo, o presente estudo caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, especialmente em termos dos procedimentos adotados na investigação. A pesquisa bibliográfica encontra-se limitada ao tema que foi selecionado como objeto de investigação, servindo como aprofundamento no assunto. Ela auxilia a identificação da forma como os objetos estão descritos em um contexto e a sua ocorrência, possibilitando responder ao problema de pesquisa com maior objetividade e segurança.

Portanto, frente ao especificado o estudo toma como referência a busca por analisar qualitativamente a forma como o acidente nuclear de Goiânia é tratado nos livros didáticos brasileiros, tomando

como fonte de consulta os livros indicados pelo PNLD 2015. Desse contexto selecionado para o estudo, foram analisados treze das quatorze obras que integram a coleção do PNLD 2015 para a área de Física. Frente a esse universo e para a análise desejada, o Quadro 1 indica as obras investigadas.

A análise permitiu identificar que apenas as obras indicadas pelos números 1, 2, 9 e 12 relatam o acidente nuclear ocorrido em Goiânia. O livro didático de autoria de Artuso, Wrublewski (2013) menciona o assunto dentro do tópico de Radioatividade e o apresenta de modo a salientar o seu impacto e influência na sociedade. O capítulo é introduzido com a questão das bombas atômicas e sua relação com o término da Segunda Guerra Mundial. A seguir, comenta-se sobre o acidente ocorrido em Chernobyl, em 1986, a explosão nas usinas e, por conseguinte, a contaminação de milhares de pessoas e a morte de algumas dezenas. Por fim, antes de passar ao próximo tópico, refere o acidente em Goiânia. A obra aborda o acidente, ainda, em um texto complementar, composto por um parágrafo e pelo relato de uma das vítimas:

A única vez que vi o cézio foi em 26 de setembro. Meu irmão me mostrou a pedra e perguntou se ela poderia ser usada para fazer um anel. Peguei um

Quadro 1. Relação das obras selecionadas.

1. ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. Física . v. 3. Positivo. Curitiba. 2013.
2. BARRETO, B.; SILVA, C. X. Física – aula por aula . v. 3. 2. ed. FTD. São Paulo. 2013.
3. BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. Física 3 . 2. ed. Saraiva. São Paulo. 2013.
4. BONJORNO, J. R. <i>et al.</i> Física . v. 3. 2. ed. FTD. São Paulo. 2013.
5. GASPARD, A. Compreendendo a Física . v. 3. 2. ed. Ática. São Paulo. 2013.
6. GONÇALVES, A.; TOSCANO, C. Física – interação e tecnologia . v.3. Leya. São Paulo. 2013.
7. GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física 3 . Ática. São Paulo. 2014.
8. MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física – contexto e aplicações . v.3. Scipione. São Paulo: 2014.
9. MENESES, L.C. <i>et al.</i> Quanta Física . V. 3. 3. ed. Pearson Education. São Paulo. 2013.
10. SANT'ANA B. <i>et al.</i> Conexões com a Física . V. 3. 3. ed. Moderna. São Paulo. 2013.
11. TORRES, C. M. A. <i>et al.</i> Física – ciência e tecnologia . V. 3. 3. ed. Moderna. São Paulo. 2013.
12. VÁLIO, A. B. M. <i>et al.</i> Ser protagonista – Física . v. 3. 2. ed. SM. São Paulo. 2013.
13. YAMAMOTO, K.; FUKE, L.F. Física para ensino médio . Editora Saraiva. São Paulo. 2015. v.3

Fonte: dados da pesquisa, 2017.

pedaço menor que um grão de arroz e esfreguei na palma da mão. Como era dia, não havia nenhum brilho. Ela mais parecia um pedaço de cimento. Oito dias depois, minhas mãos começaram a coçar e incharam. Sentia tonturas e náuseas. Um dia, a polícia chegou na nossa rua e começou a isolar as pessoas no estádio Olímpico. Só aí que descobri que aquela pedra era radioativa. (Artuso, Wrublewski, 2013 p. 302)

A obra traz informações de que um equipamento de radioterapia com material radioativo foi encontrado e que, ao ser violado, contaminou adultos e crianças. O texto destaca que o material radioativo foi o cloreto de cézio-137, cuja aparência é semelhante à do sal de cozinha e apresenta um brilho em ambientes escuros, fato que atraiu a curiosidade e levou a que muitos o manipulassem. A partir desse contato, explicam os autores, começaram a surgir os sintomas:

O recipiente de chumbo encontrado abrigava uma quantidade de cloreto de cézio-137 - um sal similar ao cloreto de sódio, mas que apresentava um brilho azul quando em ambientes escuros. O pó brilhante foi distribuído entre amigos e chegou a ser ingerido por crianças. Quando sintomas como náuseas, vômito e diarreia começaram a acometer os cidadãos, a vigilância sanitária detectou que se tratava de um incidente radioativo. Onze pessoas morreram e 600 foram contaminadas pela radiação. (Artuso, Wrubleski, 2013 p. 301)

O texto é complementado por informações sobre os efeitos do contato com o cézio, tais como náuseas e tonturas, e a necessidade de isolamento da região nesses casos de contaminação. Por fim, os autores relatam como as pessoas contaminadas foram tratadas e quais foram as consequências do acidente para as vítimas e para a cidade.

Barreto, Silva (2013), por sua vez, apresentam os episódios relacionados aos acidentes nucleares de forma contextualizada, evidenciando ser uma

das aplicações da energia nuclear. Os acidentes são mencionados brevemente, iniciando pelas discussões envolvendo as bombas atômicas jogadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão, durante a II Guerra Mundial. Na sequência, a obra aborda a importância da utilização consciente da energia nuclear:

Infelizmente, as tristes imagens das bombas atômicas - lançadas em 1945, durante a Segunda Guerra Mundial, sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki - estão fortemente relacionadas à expressão “energia nuclear”. Embora essas imagens não devam ser esquecidas pela humanidade, é preciso entender que, historicamente, os conhecimentos científicos utilizados de maneira adequada beneficiaram a sociedade, melhorando a qualidade de vida das pessoas. (Barreto, Silva, 2013 p. 300)

Além disso, os autores enfatizam as experiências desastrosas ocorridas com o uso da energia nuclear, mencionando, especificamente, os acidentes ocorridos em usinas nucleares. O foco está nos acidentes de Chernobyl, em 1986, e de Fukushima, em 2011. A seguir, o descarte indevido de lixo atômico é abordado, citando-se o ocorrido em Goiânia. Por fim, o livro enfatiza o progresso e os benefícios trazidos pela Física Nuclear.

Sobre o acidente radiológico de Goiânia, é feita uma pequena menção, como exemplo de risco, um acidente de percurso, devido ao armazenamento indevido de material radioativo. Sem muitos detalhes ou aprofundamento, o evento é tratado como um fato a ser lembrado, usado como referência para ressaltar a importância de medidas de segurança e ter mais responsabilidade e informações:

É inegável que experiências desastrosas, como as das bombas nucleares ou dos acidentes ocorridos na usina nuclear na Ucrânia (Chernobyl) e no Japão (Fukushima), ou ainda o armazenamento indevido do lixo nuclear, como ocorreu em Goiânia (setembro de 1987), são fatores de risco que precisam ser superados. (Barreto, Silva, 2013 p. 300)

A terceira obra a mencionar é de autoria de Meneses *et al.* (2013) que no capítulo 4, nomeado de “Estrutura da matéria e propriedade dos materiais”, dentro dos vários tópicos apresentados, traz um intitulado “Utilidade e perigo das radiações”. Nele, em especial, é abordado os diferentes tipos de radiação (infravermelho, luz visível, ultravioleta, X e etc.), traçando um paralelo histórico com a sua descoberta, as suas aplicações e origem. Por fim, é descrito como a radiação interage com os organismos vivos, as suas consequências e benefícios.

Na sequência, é apresentado um texto complementar chamado “Conexão” no qual há uma discussão envolvendo o acidente de Goiânia. Sob o título “Goiânia, rua 57”, o texto inicia relatando a produção do cézio-137 e o seu uso médico. Nesse sentido, o texto menciona que a origem está na fissão artificial do urânio ou plutônio, o tempo de meia-vida do cézio, a cadeia radioativa e o elemento-filho bário-137. Na continuidade, é apontado o acidente radiológico de Goiânia, trazendo a data do ocorrido, os indivíduos envolvidos, o rompimento da cápsula contendo o material radioativo, características da cápsula, a sua localização e o “palco” do evento.

Prosseguindo o texto, é exposto um relato do escritor Fernando Gabeira (Goiânia Rua 57 - O Nuclear na Terra do Sol) expressando o ocorrido e o drama da população diante do acidente nuclear. Narrando o encontro do material com os catadores de papel, a venda do artefato para o ferro-velho, o rompimento da cápsula e a descoberta das “brilhantes pedrinhas azuis”, a aparição dos primeiros sintomas, a suspeita das pedras azuis, a força-tarefa para conter a contaminação, o desfecho do lixo atômico e a toda repercussão que envolveu o caso.

A quarta obra que se reporta ao acidente ocorrido em Goiânia é a de Válio *et al.* (2013). Nela, os autores tratam de rejeitos radioativos e reatores nucleares dentro do tópico de Combustíveis Nucleares, citando, na forma de textos complementares, as usinas de fusão nuclear e o acidente em Goiânia.

Sobre o acidente radiológico brasileiro, a obra descreve a forma como ele ocorreu, narrando que o aparelho de radioterapia foi abandonado pelo

Instituto Goiano de Radioterapia na sua antiga sede, sendo posteriormente encontrado por catadores de sucata. A cápsula com o material radioativo foi vendida para um ferro-velho, onde foi aberta pelo seu comprador e manipulada por diversas pessoas. Também descreve que, ao ter conhecimento do fato, a Comissão de Energia Nuclear tomou, imediatamente, as medidas cabíveis para conter a contaminação:

[...] o comprador, sem saber com o que estava lidando, rompeu o lacre da câmara isolante e encantou-se com o pó brilhante que havia em seu interior. No recipiente, estava a massa de quase 100g de cézio, que se espalhou sem controle. Todos os moradores da casa começaram a passar mal, com náuseas e queimaduras. No posto de saúde, os pacientes foram medicados, mas não apresentaram nenhuma melhora. Somente quando o pó luminescente foi mencionado, aventou-se a possibilidade de uma contaminação por radiação. (Válio *et al.* 2013 p. 263)

Os autores finalizam o texto elencando as consequências do ocorrido, especialmente a quantidade de material radioativo produzido, os níveis de radiação da região e o fato de objetos como roupas, brinquedos e outros, de uso cotidiano das vítimas, terem sido colocados em cápsulas e enterrados.

Concluída a apresentação da forma como as obras abordam o acidente de Goiânia, passa-se a analisar se o modo como o acidente foi relatado contribui para as questões associadas a alfabetização científica dos estudantes na perspectiva da CTS. Examinando-as do ponto de vista da ciência, as quatro obras utilizam o acidente radiológico de Goiânia na perspectiva didática de exemplificar o conteúdo em discussão - uma consequência possível do uso da energia nuclear. Dessa análise percebe-se que não é a intensão dos autores discutir o acidente na forma de uma situação-problema que promova debates, mas sim, como uma informação trazido para complementar o tema em estudo. Teixeira

(2003) menciona a importância para um processo de alfabetização científica que os tópicos sejam abordados a partir de uma problemática extraída da sociedade e, neste sentido, caberia ao professor essa reorganização didática.

Sob a perspectiva da tecnologia, verifica-se que os textos apresentados estão pouco direcionados a contemplar essa questão. No livro de autoria de Válio *et al.* (2013), existe menção ao descarte do material radioativo contaminado, sem maiores aprofundamentos e discussões especialmente sobre o modo como o material pode ser isolado, a quantidade de rejeitos gerados e o tempo que a sua atividade radioativa irá durar. Nesse contexto, a recomendação de Teixeira (2003), de que, a partir da apresentação da problemática, o professor deve trazer à discussão questões envolvendo a tecnologia, fica prejudicada, uma vez que as obras se restringem a narrar fatos. A mesma inferência pode ser dada a partir da concepção de Fourez (1997), na qual o processo de alfabetização científica deve associar aos conteúdos aspectos da tecnologia, pois ela permite pensar e aprimorar o conhecimento.

Sobre a presença da tecnologia na vida diária das pessoas Silveira, Bazzo (2005 p. 7) lembram que:

Vivemos num mundo em que a tecnologia representa o modo de vida da sociedade atual, na qual a cibernética, a automação, a engenharia genética, a computação eletrônica são alguns dos ícones que da sociedade tecnológica que nos envolve diariamente. Por isso, a necessidade de refletir sobre a natureza da tecnologia, sua necessidade e função social.

No que diz respeito à aproximação do conteúdo com questões sociais, como rege os processos voltados a uma abordagem CTS, identifica-se que as obras se centram na discussão dos elementos associados ao modo como esse evento afetou a vida das pessoas envolvidas. As quatro obras analisadas fazem alusão ao risco ou perigo dos materiais radioativos para a sociedade, suscitando discussões entorno das relações do conhecimento com os processos socioculturais.

Sobre a importância da ênfase em questões sociais, Lopes (2010 p. 66) menciona que:

[...] as questões sociocientíficas no ensino de ciências, tem como preceito básico os sujeitos como responsáveis por suas ações. Este enfoque procura abandonar o pensamento facilitado pelas informações ideológicas prontas e se baseia na negação do pensamento previamente formado. Desta forma, o que seria tido como conhecimento pronto, como resultado irrefutável e baseado na evidência científica, agora é posto à prova, segundo as perspectivas de diferentes grupos defensores de diferentes argumentos.

Além disso, enfatizar aspectos sociais pressupõe ultrapassar o dogmatismo das disciplinas escolares que muitas vezes se centram em conteúdos a-históricos e pouco vinculados ao entorno do aluno. Isso capacita o sujeito a tomar decisões, favorecendo sua formação enquanto cidadão crítico, participante e responsável pela sociedade. Portanto, mais do que remeter a um fato histórico a discussão do acidente ocorrida em 1987, permite promover espaços de debate e de reconhecimento do impacto de suas ações.

4. Considerações finais

A análise realizada nas obras indicadas no PNLD 2015, em termos da abordagem do acidente nuclear ocorrido em Goiânia em 1987, permite inferir que ele tem sido contemplado por poucos autores, sendo geralmente relegado a uma leitura histórica e voltada a informações. Nesse sentido, o que se percebe é que essas obras apesar de terem o mérito de mencionar o acidente, não apresentam uma preocupação com questões da forma como ele pode ser abordado em sala de aula, relegando ao professor esse papel.

No que diz respeito aos aspectos sociais, tecnológicos e científicos, integrados na abordagem CTS e que estão associados a alfabetização científica, as obras analisadas eixaram a desejar, mesmo as que se reportam ao acidente. Mais do que isso, a reflexão sobre o acidente que tematizou o estudo pode

auxiliar tanto na compreensão de outros desastres nucleares quanto de outros assuntos relacionados à Física Nuclear, como produção de energia, evolução estelar, transmutação de elementos, etc.

Por fim, em razão da relevância que o livro didático representa, por ser uma ferramenta ainda muito utilizada pelos docentes, é importante que esse acontecimento esteja retratado nesses materiais, contribuindo para a formação dos estudantes que possam avaliar e discutir aspectos associado aos riscos, benefícios e à prevenção de acidentes nucleares.

5. Referencias Bibliográficas

- ARTUSO, A.R.; WRUBLEWSKI, M. **Física**. v. 3. Positivo. Curitiba. 2013.
- AULER, D. **Interação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. 257 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.
- BARRELO JUNIOR, N. **Promovendo a argumentação em sala de aula de Física Moderna e Contemporânea: uma sequência de ensino investigativo e as intervenções professor-aluno**. Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências. Doutorado em Ensino de Ciências - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2015.
- BARRETO, B.; SILVA, C. X. **Física – aula por aula**. v. 3. 2. ed. FTD. São Paulo. 2013.
- BIAZUS, M.O. Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: interfaces de uma proposta didática para Mecânica Quântica. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília. 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2015: apresentação**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura. 2014.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M.. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, pp. 387-404. 2005.
- CHASSOT, Á. Alfabetização Científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, 2003.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique**. La Pensée Sauvage. Paris, 1991.
- DARROZ, L.M.; ROSA, C.T.W.; SILVA, J.C. Análise da abordagem de Física Nuclear nos livros didáticos de Física. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, pp. 56-72, 2017.
- EIJKELHOF, H., KORTLAND, K., LOO, F.V.D. Nuclear weapons - a suitable topic for the classroom? **Physics Education**, Bristol, v. 19, special issue, pp. 11-15. 1984.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. 1a. ed. Ediciones Colihue. Buenos Aires. 1997.
- GIACOMELLI, A. C. Teoria da Relatividade: uma proposta didática para o Ensino Médio. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.
- GIL, D.P.; SENENT, F.; SOLBES, J. La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, pp. 209-210. Set. 1987.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **The radiological accident in Goiânia**. Vienna, 1988.
- LOPES, N.C. **Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica**. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência.

- Mestrado em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- LORENZETTI, L. **Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais**. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica. Mestrado em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- MENESES, L.C. *et al.* **Quanta Física**. v. 3. Pearson Education do Brasil. São Paulo. 2013.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Vozes. Petrópolis. 2001.
- OFUGI, R. **Inserção da teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta**. Programa de Pós-Graduação em Educação. Mestrado em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 5, n. 1, pp. 23-48. 2000.
- REZENDE JUNIOR., M. F; CRUZ, F. F. de S. Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: formação ou informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 cd-rom.
- SANTOS, R. A. **O desenvolvimento de sequências de ensino investigativas como forma de promover a alfabetização científica dos alunos dos anos iniciais do ensino fundamental**. Pós-Graduação em Formação de Professores da Educação Básica. (Mestrado em Educação Básica - da Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia. 2016.
- SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, pp. 110-132. 2000.
- SILVEIRA, R.M.C.F.; BAZZO, W.A. Ciência e Tecnologia: transformando a relação do ser humano com o mundo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL PROCESSO CIVILIZADOR, 9, Ponta Grossa. Atas Ponta Grossa, 2005.
- SIQUEIRA, M.R.P. **Obstáculos e saberes de professores de física no contexto de inovação com a Física Moderna e Contemporânea: um estudo de caso**. Programa de Pós-Graduação em Educação, Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- SOUZA, A.M.; GERMANO, A.S.M. **Análise de livros didáticos de Física quanto a suas abordagens para o conteúdo de Física Nuclear**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0872-2.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133. 1990.
- TEIXEIRA, P.M.M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, pp. 177-190. 2003.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, pp. 209-214. Dez. 1992.
- VÁLIO, A.B.M. *et al.* **Ser protagonista – Física**. v. 3. 2. ed. SM. São Paulo. 2013.
- ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Programa de Pós-Graduação em Educação, Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.